



CA2336686 (A1)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-358008
(P2000-358008A)

(43)公開日 平成12年12月26日 (2000. 12. 26)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マ-ト*(参考)

H 0 4 J 11/00

H 0 4 J 11/00

Z 5 K 0 2 2

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 20 頁)

(21)出願番号 特願平11-171026

(22)出願日 平成11年6月17日 (1999. 6. 17)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 木村 亨

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72)発明者 松本 渉

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74)代理人 100102439

弁理士 宮田 金雄 (外2名)

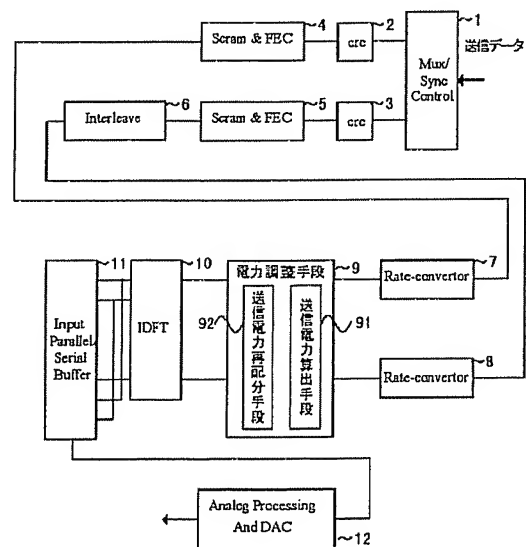
Fターム(参考) 5K022 DD00 DD13 DD19 DD22 DD24

(54)【発明の名称】 通信装置および通信方法

(57)【要約】

【課題】 複数のキャリア（トーン）にデータを割り当ててデータ通信を行うマルチキャリア変復調方式により通信を行う場合に、各キャリアに対して送信電力を効率良く使用して送信電力当りの伝送効率を向上させる。

【解決手段】 複数のトーンにデータを割り当ててデータ通信を行う通信装置において、各トーンにおいて所定の整数値のビット数を送信するのに必要な送信電力を算出する送信電力算出手段91と、この送信電力算出手段により算出された算出結果に基づいて各トーンに配分する送信電力の平均送信電力が一定となるように送信電力を各トーンに再配分する送信電力再配分手段92とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数のトーンにデータを割り当ててデータ通信を行う通信装置において、各トーンにおいて所定の整数値のビット数を送信するのに必要な送信電力を算出する送信電力算出手段と、この送信電力算出手段により算出された算出結果に基づいて各トーンに配分する送信電力の平均送信電力が一定となるように送信電力を各トーンに再配分する送信電力再配分手段とを備えたことを特徴とする通信装置。

【請求項 2】 前記送信電力再配分手段は、各トーンに配分する送信電力の平均送信電力が一定となるように所定の制限範囲内の送信電力値で送信電力を各トーンに再配分することを特徴とする請求項 1 記載の通信装置。

【請求項 3】 前記送信電力算出手段は、割当てビット数が制限されている場合、この制限範囲内の整数値のビット数を送信するのに必要な送信電力を算出することを特徴とする請求項 1 または 2 のいずれかに記載の通信装置。

【請求項 4】 前記送信電力算出手段は、各トーンにおいて前記所定のビット数に 1 ビット加算するのに必要な追加送信電力を算出するとともに、前記送信電力再配分手段は、前記追加送信電力の昇順に送信電力を各トーンに再配分することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の通信装置。

【請求項 5】 複数のトーンにデータを割り当ててデータ通信を行う通信方法において、割当てビット数が制限されている場合、各トーンにおいてこの制限範囲内の整数値のビット数を送信するのに必要な送信電力を算出し、この算出された算出結果に基づいて各トーンに配分する送信電力の平均送信電力が一定となるように所定の制限範囲内の送信電力値で送信電力を各トーンに再配分することを特徴とする通信方法。

【請求項 6】 必要な送信電力を算出し、送信電力を各トーンに再配分する際に、送信電力を所定の制限範囲の下限值にした場合に割り当てビット数を制限範囲内の上限の整数値以上割り当て可能なトーンは、そのトーンを送信電力を所定の制限範囲の下限值にするとともに、送信電力を下限值にしたことによって平均送信電力に対して余った余剰送信電力を他のトーンに再配分することを特徴とする請求項 5 記載の通信方法。

【請求項 7】 必要な送信電力を算出し、送信電力を各トーンに再配分する際に、送信電力を所定の制限範囲の上限値にした場合に割り当てビット数が制限範囲内の下限の整数値未満となるトーンは、そのトーンを送信電力を所定の制限範囲の下限值にするとともに、送信電力を下限值にしたことによって平均送信電力に対して余った余剰送信電力を他のトーンに再配分すること

を特徴とする請求項 5 または 6 のいずれかに記載の通信方法。

【請求項 8】 必要な送信電力を算出し、送信電力を各トーンに再配分する際に、送信電力を所定の制限範囲の上限値にした場合に割り当てビット数が 0 ビットとなるトーンは、そのトーンを送信電力を所定の制限範囲の下限值にするとともに、送信電力を下限值にしたことによって平均送信電力に対して余った余剰送信電力を他のトーンに再配分することを特徴とする請求項 5 ～ 7 のいずれかに記載の通信方法。

【請求項 9】 必要な送信電力を算出し、送信電力を各トーンに再配分する際に、ビット数の割り当てに使用されていないトーンがある場合、そのトーンを送信電力を所定の制限範囲の下限值にするとともに、送信電力を下限值にしたことによって平均送信電力に対して余った余剰送信電力を他のトーンに再配分することを特徴とする請求項 5 ～ 8 のいずれかに記載の通信方法。

【請求項 10】 必要な送信電力を算出し、送信電力を各トーンに再配分する際に、送信電力が所定の制限範囲内の上限値を超えない限り、各トーンにおいて前記所定のビット数に 1 ビットずつ加算するのに必要な追加送信電力を算出するとともに、1 ビット加算する前記追加送信電力の昇順に余剰送信電力を各トーンに再配分し、次に 1 ビット加算する追加送信電力の昇順に余剰送信電力を各トーンに再配分し、これを繰返すことを特徴とする請求項 5 ～ 9 のいずれかに記載の通信方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数のトーンにデータを割り当ててデータ通信を行う DMT (Discrete MultiTone) 変復調方式等のマルチキャリア変復調方式によりデータ通信を行うようにした通信装置および通信方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、有線系デジタル通信方式における変復調方式として、DMT 変復調方式や OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) 変復調方式等のマルチキャリア (マルチトーン) 通信方式が提案されている。図 19 は DMT 変復調方式におけるビット割り当ての動作を示す説明図である。各トーンに割り当てられるビット数は SN 比によって決められるが、割り当てビット数は整数値しか取ることができないため、割り当てビット数の小数点以下を切り捨てた値を割り当てビット数としていた。

【0003】以下に割り当てビット数の算出方法を説明する。SN 比 SNR は送信電力 Q に対する伝送線路減衰

量Lossと外来ノイズPSDの比から求める。このとき
のSN比SNRは(16)式のようになる。 *

$$SNR = Q[dBm/Hz] - Loss[dB] - PSD[dBm/Hz] \quad \dots (16)$$

【0005】上記(16)式で求めた各トーン毎のSN比SNRをもとに、各トーンへの割り当てビット数btを(17)式より算出する。割り当てビット数の小数点※

$$bt = \text{ROUNDDOWN} \left[\log_2 \left(1 + \frac{10^{(SNR[dB]/10)}}{10^{(T[dB]/10)}} \right) \right] \quad \dots (17)$$

【0007】上記(17)式により求めた小数点以下を切り捨てた値を割り当てビット数としていた。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述の従来のマルチキャリア変復調方式における各キャリア（トーン）へのビット割り当てでは、割り当てビット数は整数値しか取ることができないため、割り当てビット数の小数点以下を切り捨てた値を割り当てビット数としていた。したがって、図19に示すように、上記(17)式により求められた小数点以下を切り捨てたビット数を割り当てるには、使用送信電力よりも少ない必要最小限の送信電力しか必要としないため、使用送信電力と必要最小限の送信電力との差分は無駄に消費していたという問題点があった。

【0009】この発明は上記のような問題点を解決するためになされたもので、複数のキャリア（トーン）にデータを割り当ててデータ通信を行うマルチキャリア変復調方式により通信を行う場合に、各キャリアに対して送信電力を効率良く使用して送信電力当りの伝送効率を向上させることのできる通信装置及び通信方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明に係る通信装置は、複数のトーンにデータを割り当ててデータ通信を行う通信装置において、各トーンにおいて所定の整数値のビット数を送信するのに必要な送信電力を算出する送信電力算出手段と、この送信電力算出手段により算出された算出結果に基づいて各トーンに配分する送信電力の平均送信電力が一定となるように送信電力を各トーンに再配分する送信電力再配分手段とを備えるものである。

【0011】また、前記送信電力再配分手段は、各トーンに配分する送信電力の平均送信電力が一定となるように所定の制限範囲内の送信電力値で送信電力を各トーンに再配分するものである。

【0012】また、前記送信電力算出手段は、割り当てビット数が制限されている場合、この制限範囲内の整数値のビット数を送信するのに必要な送信電力を算出するものである。

【0013】また、前記送信電力算出手段は、各トーンにおいて前記所定のビット数に1ビット加算するのに必要な追加送信電力を算出するとともに、前記送信電力再

*【0004】

※以下は切り捨てる。なお、式中における添字tはトーン番号を表し、Tは補正值である。

【0006】

10 配分手段は、前記追加送信電力の昇順に送信電力を各トーンに再配分するものである。

【0014】本発明に係る通信方法は、複数のトーンにデータを割り当ててデータ通信を行う通信方法において、割り当てビット数が制限されている場合、各トーンにおいてこの制限範囲内の整数値のビット数を送信するのに必要な送信電力を算出し、この算出された算出結果に基づいて各トーンに配分する送信電力の平均送信電力が一定となるように所定の制限範囲内の送信電力値で送信電力を各トーンに再配分するものである。

20 【0015】また、必要な送信電力を算出し、送信電力を各トーンに再配分する際に、送信電力を所定の制限範囲の下限値にした場合に割り当てビット数を制限範囲内の上限の整数値以上割り当て可能なトーンは、そのトーン

の送信電力を所定の制限範囲の下限値にするとともに、送信電力を下限値にしたことによって平均送信電力に対して余った余剰送信電力を他のトーンに再配分するものである。

30 【0016】また、必要な送信電力を算出し、送信電力を各トーンに再配分する際に、送信電力を所定の制限範囲の上限値にした場合に割り当てビット数が制限範囲内の下限の整数値未満となるトーンは、そのトーン

の送信電力を所定の制限範囲の下限値にするとともに、送信電力を下限値にしたことによって平均送信電力に対して余った余剰送信電力を他のトーンに再配分するものである。

40 【0017】また、必要な送信電力を算出し、送信電力を各トーンに再配分する際に、送信電力を所定の制限範囲の上限値にした場合に割り当てビット数が0ビットとなるトーンは、そのトーン

の送信電力を所定の制限範囲の下限値にするとともに、送信電力を下限値にしたことによって平均送信電力に対して余った余剰送信電力を他のトーンに再配分するものである。

50 【0018】また、必要な送信電力を算出し、送信電力を各トーンに再配分する際に、送信電力が所定の制限範囲

圈内の上限値を超えない限り、各トーンにおいて前記所定のビット数に1ビットずつ加算するのに必要な追加送信電力を算出するとともに、1ビット加算する前記追加送信電力の昇順に余剰送信電力を各トーンに再配分し、次に1ビット加算する追加送信電力の昇順に余剰送信電力を各トーンに再配分し、これを繰返すものである。

【0020】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 図1は、本発明に係るDMT変復調方式におけるビット割り当てを行うADSL局側装置(ATU-C; ADSL Transceiver Unit, Central Office end)およびADSL端末側装置(ATU-R; ADSL Transceiver Unit, Remote Terminal end)の通信モデム等の送信部ないしは送信専用機(以下、送信系という)の構成を機能的に示した機能構成図である。

【0021】図1において、1はマルチプレックス/シンクコントロール(Mux/Sync Control)、2、3はサイクリックリダンダンシィチェック(crc)、4、5はスクランブル・フォワードエラー・コレクション(Scram and FEC)、6はインターリーブ、7、8はレートコンバータ(Rate-Convertor)、9は送信電力算出手段91及び送信電力再配分手段92を有する電力調整手段、10は逆離散フーリエ変換部(IDFT)、11は入力パラレル/シリアルバッファ(Input Parallel/Serial Buffer)、12はアナログプロセッシング・D/Aコンバータ(Analog Processing and DAC)である。なお、電力調整手段9は、通常のトーンオーダリング機能とコンステレーションエンコーダ&ゲインスケール機能をも有するものである。

【0022】次にADSL局側装置(ATU-C)からADSL端末側装置(ATU-R)にデータを伝送する場合におけるADSL局側装置(ATU-C)の送信系の動作を説明する。図1において送信データをマルチプレックス/シンクコントロール1により多重化し、サイクリックリダンダンシィチェック2、3により誤り検出用コードを付加し、フォワードエラー・コレクション4、5でFEC用コードの付加およびスクランブル処理し、場合によってはインターリーブ6をかける。その後、レー*

$$SNR = (Q[dBm/Hz] - q[dBm]) - Loss[dB] - PSD[dBm/Hz] \quad \dots (1)$$

【0027】次に、上記で求めた各トーン毎のSNRをもとに、各トーンへの割り当てビット数 b_t を(2)式より算出する。割り当てビット数の小数点以下は残す。なお、式中の添字 t はトーン番号を表し、 T は補正值である。

【0028】

$$b_t = \left\lceil \log_2 \left(1 + \frac{10^{(SNR[dB]/10)}}{10^{(T[dB]/10)}} \right) \right\rceil \quad \dots (2)$$

【0029】そして、 b_t が b_{max} =15ビット以上のトーンを抽出する。抽出したトーンを n_1 個とする。

【0030】(1-2) 割り当てビット数及び送信電力

* トコンバータ7、8でレートコンバート処理し、電力調整手段9で送信電力算出手段91と送信電力再配分手段とを用いてトーンオーダリング処理してコンステレーションデータを作成し、逆離散フーリエ変換部10にて逆離散フーリエ変換し、入力パラレル/シリアルバッファ11にてパラレルデータからシリアルデータに変換し、D/Aコンバータを通してディジタル波形をアナログ波形に変換し、続いてローパスフィルタをかける。

【0023】本実施の形態1では、平均送信電力を Q として、 $Q \pm q$ の制限範囲内で送信電力を変化させる場合について説明する。また、割り当てることができる最大ビット数を b_{max} 、割り当てることのできる最小ビット数を b_{min} とする。

【0024】次に電力調整手段9で行う動作について説明する。

(1) 送信電力を $Q - q$ とした場合における割り当てビット数が b_{max} 以上のトーンの処理(図2参照)

送信電力を $q = 2.5 \text{ dBm}$ 減じた場合に算出した割り当てビット数が $b_{max} = 15$ ビット以上あるトーンについては、送信電力の最小値で割り当てビット数の最大値を割り当てることができる。すなわち、基準となる平均送信電力 $Q = -40 \text{ dBm/Hz}$ に対して、最小送信電力 $Q - q = -42.5 \text{ dBm/Hz}$ で最大割り当てビット数 $b_{max} = 15$ ビットを割り当てることができる。これらのトーンについては、トーン当り $q = 2.5 \text{ dBm}$ の送信電力が余剰となり、これを他のトーンに配分することができる。以下に算出方法を図2のフローチャートを用いて説明する。

【0025】(1-1) トーンの抽出

図3に示すように、送信電力を $Q - q = -42.5 \text{ dBm/Hz}$ とした場合に割り当てビット数が $b_{max} = 15$ ビット以上あるトーンを抽出する(ステップS11)。まず、SN比を求める。SN比SNRは、送信電力 $Q - q$ に対する伝送線路減衰量 L_{oss} と外来ノイズPSDの比から求める。このときのSN比SNRは(1)式のようなになる。

【0026】

$$SNR = (Q[dBm/Hz] - q[dBm]) - Loss[dB] - PSD[dBm/Hz] \quad \dots (1)$$

の決定

図4に示すように、抽出したトーンについては、割り当てビット数を $b_{max} = 15$ ビットに、送信電力を $Q - q = -42.5 \text{ dBm/Hz}$ に決定する(ステップS12)。

【0031】(1-3) 他のトーンに配分可能な余剰送信電力 Q_{y1} を算出

図4に示すように、ステップS11で抽出したトーン数 n_1 から他のトーンに配分可能な余剰送信電力 Q_{y1} は(3)式のようなになる(ステップS13)。

【0032】

$$Q_{y1} = q \times n_1 \quad \dots (3)$$

【0033】(2) 送信電力を $Q+q$ とした場合における割り当てビット数が b_{\min} 未満のトーンの処理(図5参照)

送信電力を $q=2.5\text{ dBm}$ 増加させた場合に算出した割り当てビット数が $b_{\min}=2$ ビット未満であるトーンについては、送信電力の最大値でも割り当てビット数の最小値を割り当てることができない。すなわち、最大送信電力 $Q+q=-37.5\text{ dBm/Hz}$ でも最小割り当てビット数 $b_{\min}=2$ ビットを割り当てることができない。これらのトーンについては、割り当てビット数を0

ビットに、送信電力を最小送信電力 $Q-q=-42.5\text{ dBm/Hz}$ に決定する。これによりトーン当り $q=$

$$SNR = (Q[\text{dBm/Hz}] + q[\text{dBm}]) - Loss[\text{dB}] - PSD[\text{dBm/Hz}] \quad \dots (4)$$

【0036】次に、上記で求めた各トーン毎のSNRをもとに、各トーンへの割り当てビット数 b_t を前記

(2)式より算出する。割り当てビット数の小数点以下は残す。そして、 b_t が $b_{\min}=2$ ビット未満のトーンを抽出する。抽出したトーンを n_2 個とする。

【0037】(2-2) 割り当てビット数及び送信電力の決定

図7に示すように、抽出したトーンについては、割り当てビット数を0ビットに、送信電力を $Q-q=-42.5\text{ dBm/Hz}$ に決定する(ステップS22)。

【0038】(2-3) 他のトーンに配分可能な余剰送信電力 Qy_2 を算出

図7に示すように、ステップS21で抽出したトーン数 n_2 から他のトーンに配分可能な余剰送信電力 Qy_2 は(5)式のようになる(ステップS23)。

$$Qy_2 = q \times n_2 \quad \dots (5)$$

【0040】(3) 送信電力を Q とした場合における割り当てビット数が b_{\max} 以上のトーンの処理(図8参照)

上記(1)及び(2)で抽出した以外のトーンにおいて、送信電力を $Q=-40\text{ dBm/Hz}$ とした場合に割

$$SNR = Q[\text{dBm/Hz}] - Loss[\text{dB}] - PSD[\text{dBm/Hz}] \quad \dots (6)$$

【0043】次に、上記で求めた各トーン毎のSNRをもとに、各トーンへの割り当てビット数 b_t を前記

(2)式より算出する。割り当てビット数の小数点以下は残す。そして、 b_t が $b_{\max}=15$ ビット以上のトーンを抽出する。

②送信電力 Q_3 の算出

抽出したトーンについて、ビット数 b_{\max} を割り当てる ★

$$Q_3 = 10 \log_{10}(2^{b_{\max}} - 1) + Loss[\text{dB}] + PSD[\text{dBm/Hz}] + \Gamma \quad \dots (7)$$

【0045】(3-2) 割り当てビット数及び送信電力の決定

①必要最小限の送信電力が $Q-q$ 未満のトーンの場合

図10に示すように、必要最小限の送信電力が $Q-q=-42.5\text{ dBm/Hz}$ 未満のトーンの場合はその該当トーン数を算出し、送信電力を $Q-q=-42.5\text{ dB}$

*2. 5 dBm の送信電力が余剰となり、これを他のトーンに配分することができる。以下に算出方法を図5のフローチャートを用いて説明する。

【0034】(2-1) トーンの抽出

図6に示すように、送信電力を $Q+q=-37.5\text{ dBm/Hz}$ とした場合に割り当てビット数が $b_{\min}=2$ ビット未満であるトーンを抽出する(ステップS21)。まず、SN比を求める。SN比SNRは、送信電力 $Q+q$ に対する伝送線路減衰量 L_{oss} と外来ノイズPSDの比から求める。このときのSN比SNRは(4)式のようになる。

$$SNR = (Q[\text{dBm/Hz}] + q[\text{dBm}]) - Loss[\text{dB}] - PSD[\text{dBm/Hz}] \quad \dots (4)$$

※割り当てビット数が $b_{\max}=15$ ビット以上あるトーンについては、送信電力 $Q=-40\text{ dBm/Hz}$ で最大割り当てビット数 $b_{\max}=15$ ビットを割り当てることができる。これらのトーンについては、 $b_{\max}=15$ ビットを割り当てするのに必要最小限の送信電力を使用し、割り当てビット数を $b_{\max}=15$ ビットに決定する。これによりトーン当り $\{Q-(b_{\max}$ を割り当てするのに必要最小限の送信電力) $\}\text{ dBm}$ の送信電力が余剰となり、これを他のトーンに配分することができる。以下に算出方法を図8のフローチャートを用いて説明する。

【0041】(3-1) トーンの抽出

①トーンの抽出

図9に示すように、送信電力を $Q=-40\text{ dBm/Hz}$ とした場合に割り当てビット数が $b_{\max}=15$ ビット以上あるトーンを抽出する(ステップS31)。まず、SN比を求める。SN比SNRは、送信電力 Q に対する伝送線路減衰量 L_{oss} と外来ノイズPSDの比から求める。このときのSN比SNRは(6)式のようになる。この(6)式は従来の技術における(16)式と同一である。

$$SNR = Q[\text{dBm/Hz}] - Loss[\text{dB}] - PSD[\text{dBm/Hz}] \quad \dots (6)$$

★の必要最小限の送信電力 Q_3 を算出する(ステップS32)。図10に示すように、上記(2)式及び(6)式から、 $b_t=b_{\max}=15$ ビットとするとビット数 b_{\max} を割り当てするのに必要最小限の送信電力 Q_3 は(7)式のようになる。

$$Q_3 = 10 \log_{10}(2^{b_{\max}} - 1) + Loss[\text{dB}] + PSD[\text{dBm/Hz}] + \Gamma \quad \dots (7)$$

m/Hz に、割り当てビット数を $b_{\max}=15$ ビットに決定する(ステップS33)。必要最小限の送信電力が $Q-q=-42.5\text{ dBm/Hz}$ 未満のトーン数を n_3 個とする。

②上記以外のトーンの場合

図10に示すように、上記以外のトーンの場合は、割り

当てビット数を $b_{\max} = 15$ ビットに、送信電力をビット数 $b_{\max} = 15$ ビットを割り当てるのに必要最小限の送信電力 Q_3 に決定する（ステップ S 3 4）。

【0046】（3-3）他のトーンに配分可能な余剰送信電力 Q_{y3} を算出

図10に示すように、ステップ S 3 2 で算出した送信電力 Q_3 及びステップ S 3 3 で算出したトーン数 n_3 から他のトーンに配分可能な余剰送信電力 Q_{y3} は（8）式のようなになる（ステップ S 3 5）。

【0047】

$$Q_{y3} = q \times n_3 + \sum (Q - Q_3) \quad \dots (8)$$

【0048】（4）上記（1）～（3）で抽出したトーン以外のトーンの本決定処理（図11参照）

上記（1）～（3）で抽出したトーン以外のトーンにおいて、送信電力を $Q = -40 \text{ dBm/Hz}$ とした場合に算出した割り当てビット数を小数点以下切り捨てて処理を行って整数化し、その整数化されたビット数を割り当てるのに必要最小限の送信電力を仮に使用する。これによ

$$b_t = \text{ROUNDDOWN} \left[\log_2 \left(1 + \frac{10^{(SNR[\text{dB}]/10)}}{10^{(\Gamma[\text{dB}]/10)}} \right) \right] \quad \dots (9)$$

【0051】②送信電力 Q_4 の算出

小数点以下切り捨てにより整数化されたビット数を割り当てるのに必要最小限の送信電力 Q_4 を算出する（ステップ S 4 2）。図13に示すように、上記（1）式 ※

$$Q_4 = 10 \log_{10} (2^{b_t} - 1) + \text{Loss}[\text{dB}] + \text{PSD}[\text{dBm/Hz}] + \Gamma \quad \dots (10)$$

【0053】（4-2）割り当てビット数及び送信電力の仮決定

①必要最小限の送信電力が $Q - q$ 未満のトーンの場合
図13に示すように、必要最小限の送信電力が $Q - q = -42.5 \text{ dBm/Hz}$ 未満のトーンの場合（ステップ S 4 3 で Yes）、その該当トーン数を算出し、送信電力を $Q - q = -42.5 \text{ dBm/Hz}$ に、割り当てビット数をその整数化されたビット数に仮決定する（ステップ S 4 4）。必要最小限の送信電力が $Q - q = -42.5 \text{ dBm/Hz}$ 未満のトーン数を n_4 個とする。

②上記以外のトーンの場合

図13に示すように、上記以外のトーンの場合（ステップ S 4 3 で No）、割り当てビット数をその整数化されたビット数に、送信電力を整数化されたビット数を割り当てるのに必要最小限の送信電力 Q_4 に仮決定する（ステップ S 4 5）。

【0054】（4-3）他のトーンに配分可能な余剰送信電力 Q_{y4} を算出

図13に示すように、ステップ S 4 2 で算出した送信電力 Q_4 及びステップ S 4 4 で算出したトーン数 n_4 から他のトーンに配分可能な余剰送信電力 Q_{y4} は（11）式のようなになる（ステップ S 4 6）。

【0055】

※トーン当り $\{Q - (\text{整数化されたビット数を割り当てるのに必要最小限の送信電力})\} \text{ dBm}$ の送信電力が余剰となり、これを他のトーンに配分することができる。以下に算出方法を図11のフローチャートを用いて説明する。

【0049】（4-1）割り当てビット数及び送信電力の算出

①小数点以下切り捨てによる割り当てビット数の算出

図12に示すように、送信電力を $Q = -40 \text{ dBm/Hz}$ として割り当てビット数を小数点以下切り捨てにより算出する（ステップ S 4 1）。まず、SN比を求める。SN比 SNR は、送信電力 Q に対する伝送線路減衰量 Loss と外来ノイズ PSD の比から求める。このときの SN比 SNR は前記（6）式から求める。次に、上記で求めた各トーン毎の SNR をもとに、各トーンへの割り当てビット数 b_t を（9）式より算出する。割り当てビット数の小数点以下は切り捨てる。なお、式中における添字 t はトーン番号を表す。

【0050】

※（2）式から、小数点以下切り捨てにより整数化されたビット数を割り当てるのに必要最小限の送信電力 Q_4 は（10）式のようなになる。

【0052】

$$Q_{y4} = q \times n_4 + \sum (Q - Q_4) \quad \dots (11)$$

30 【0056】（5）上記（1）～（3）で抽出したトーン以外のトーンの本決定処理（図14参照）

上記（4）において算出した小数点以下切り捨てにより整数化されたビット数に対して、ビット数を +1 ずつ加算するのに必要な追加送信電力をそれぞれ算出する。以下に算出方法を図14のフローチャートを用いて説明する。

【0057】（5-1）割り当てビット数及び送信電力の算出

①送信電力 Q_5 の算出

40 上記（4）において算出した小数点以下切り捨てにより整数化されたビット数に対してビット数を +1 加算し、この +1 加算したビット数を割り当てるのに必要な送信電力 Q_5 をそれぞれ算出する（ステップ S 5 1）。図15に示すように、前記（10）式と同様にして、少数点以下切り捨てにより整数化されたビット数 b_t に対してビット数を +1 加算し、この +1 加算したビット数 $(b_t + 1)$ を割り当てるのに必要な送信電力 Q_5 は（12）式のようなになる。

【0058】

11

$$Q5 = 10 \log_{10}(2^{b_t+1} - 1) + Loss[dB] + PSD[dBm/Hz] + \Gamma \dots (12)$$

【0059】+1加算したビット数(b_t+1)を割り当てるのに必要な送信電力を求めた後、更にビット数を+1加算し、この更に+1加算したビット数(b_t+1+1)を割り当てるのに必要な送信電力Q₅を算出する。

②追加送信電力ΔQの算出

ビット数を+1加算するのに必要な追加送信電力ΔQを算出する(ステップS52)。図15に示すように、ビット数を+1加算するのに必要な追加送信電力ΔQは、+1加算したビット数(b_t+1)を割り当てるのに必要な送信電力Q₅と、少数点以下切り捨てにより整数化されたビット数b_tを割り当てるのに必要な送信電力Q₄との差で表され、(13)式ようになる。

【0060】

$$\Delta Q = Q5 - Q4 \dots (13)$$

【0061】更にビット数を+1加算した場合も同様に、ビット数を+1加算する前後の送信電力の差を取ることにより追加送信電力を求めることができる。上記(5-1-1)及び(5-1-2)を、送信電力Q₅がQ+q=-37.5dBm/Hzを越えない範囲で繰り返す(ステップS53)。

【0062】(5-2)割り当てビット数及び送信電力の決定

①上記(4)で算出したビット数b_tに+1加算したビット数(b_t+1)を割り当てるのに必要な送信電力Q₅がQ+qを越えるトーンの場合

図15に示すように、上記(4)で算出したビット数b_tに+1加算したビット数(b_t+1)を割り当てるのに必要な送信電力Q₅がQ+q=-37.5dBm/Hzを越えるトーンの場合(ステップS54でYes)、割り当てビット数及び送信電力を上記(4)で算出したビット数b_t及び送信電力Q₄に決定する(ステップS55)。

②上記(4)で算出したビット数b_tに+1加算したビット数(b_t+1)を割り当てるのに必要な送信電力Q₅がQ+qを越えないトーンの場合

上記(4)で算出したビット数b_tに+1加算したビッ *

$$Q_{ysum} = Qy1 + Qy2 + Qy3 + Qy4 + Qy5 + q \times n6 \dots (15)$$

【0067】(7)余剰送信電力の再配分処理(図18参照)

上記(5)で算出したビット数を+1加算するのに必要な追加送信電力ΔQの昇順に、(6)で集計した余剰送信電力を配分する。配分されたトーンの割り当てビット数は+1加算されることになる。これにより、ビット数を+1加算するのに必要な追加送信電力ΔQが少ないトーンから順に配分されていくので、効果の高いトーン、つまり少ない追加送信電力で+1ビット加算可能なトーンから配分される。以下に配分法を図18のフローチャートを用いて説明する。

12

*ト数(b_t+1)を割り当てるのに必要な送信電力Q₅が

Q+qを越えないトーンの場合(ステップS54でNo)、送信電力がQ+qを越えない範囲でビット数の加算を繰り返して求めたビット数がb_{min}未満のトーンであるか否かを判断する(ステップS56)。図16に示すように、送信電力がQ+q=-37.5dBm/Hzを越えない範囲でビット数の加算を繰り返して求めたビット数がb_{min}=2ビット未満であるトーンの場合(ステップS56でYes)、割り当てビット数を0ビットに、送信電力をQ-q=-42.5dBm/Hzに決定する(ステップS57)。送信電力がQ+q=-37.5dBm/Hzを越えない範囲でビット数の加算を繰り返して求めたビット数が2ビット未満のトーン数をn₅とする(ステップS58)。送信電力がQ+q=-37.5dBm/Hzを越えない範囲でビット数の加算を繰り返して求めたビット数がb_{min}=2ビット未満のトーンではない場合(ステップS56でNo)、次の処理(ステップS59)を行う。

20 【0063】(5-3)他のトーンに配分可能な余剰送信電力を算出

図16に示すように、ステップS58で算出したトーン数n₅から他のトーンに配分可能な余剰送信電力Q_{ys}は(14)式ようになる(ステップS59)。

【0064】

$$Q_{ys} = q \times n5 \dots (14)$$

【0065】(6)再配分可能な余剰送信電力の集計(図17参照)

上記(1)~(5)で算出した再配分可能な余剰送信電力を集計する。ビット割り当てに使用しないトーンが存在する場合は、そのトーンについては送信電力をQ-q=-42.5dBm/Hzに決定し、これにより発生する余剰送信電力qも集計する(ステップS61)。ビット割り当てに使用しないトーン数をn₆とすると、他のトーンに配分可能な余剰送信電力の総計Q_{ysum}は(15)式ようになる(ステップS62)。

【0066】

30 【0068】上記(5)で算出したビット数を+1加算するのに必要な追加送信電力ΔQの昇順にトーンを並べる(ステップS71)。このとき対象となる追加送信電力ΔQは、少数点以下切り捨てにより整数化されたビット数b_tに+1加算するのに必要な追加送信電力である。

【0069】+1ビット加算するのに必要な追加送信電力ΔQが最小のトーンに対して、(6)で算出した余剰送信電力Q_{ysum}を配分する(ステップS72)。

50 【0070】余剰送信電力が無くなった場合(ステップS73でNo)、余剰送信電力の各トーンへの配分を終

了する(ステップS74)。

【0071】また、上記(5)のトーン全てに配分し終わって余剰送信電力が残っている場合(ステップS73でYesかつステップS75でNo)、残っている余剰送信電力を任意のトーンに送信電力が $Q+q=-37.5\text{ dBm/Hz}$ を越えないよう配分する(ステップS76)。この余剰送信電力の配分は、全トーンの平均送信電力をQにするために行うものであり、割り当てビット数は増加しない。

【0072】そして、余剰送信電力が存在し、配分し終わっていないトーンが存在する場合(ステップS73でYesかつステップS75でYes)、余剰送信電力を配分したトーンに、更に+1ビット加算するのに必要な追加送信電力 ΔQ が存在するか否かを判断する(ステップS77)。余剰送信電力を配分したトーンに、更に+1ビット加算するのに必要な追加送信電力 ΔQ が存在する場合(ステップS77でYes)、この追加送信電力 ΔQ を対象に含めて(ステップS78)再度追加送信電力 ΔQ の昇順にトーンを並べる(ステップS71)。そして、+1ビット加算するのに必要な追加送信電力 ΔQ が最小のトーンに対して、(6)で算出した余剰送信電力を配分する(ステップS72)。余剰送信電力を配分したトーンに、更に+1ビット加算するのに必要な追加送信電力 ΔQ が存在しない場合(ステップS77でNo)、余剰送信電力を配分したトーンを除いて(ステップS79)+1ビット加算するのに必要な追加送信電力 ΔQ が最小のトーンに対して、(6)で算出した余剰送信電力を配分する(ステップS72)。これを繰り返す。

【0073】以上説明したように、複数のトーンにデータを割り当ててデータ通信を行う通信装置において、各トーンにおいて所定の整数値のビット数を送信するのに必要な送信電力を算出する送信電力算出手段と、この送信電力算出手段により算出された算出結果に基づいて各トーンに配分する送信電力の平均送信電力が一定となるように送信電力を各トーンに再配分する送信電力再配分手段とを備えることにより、送信電力を効率良く配分することができるので、送信電力当りの伝送効率を向上させることができる。

【0074】また、本実施の形態1では、平均送信電力をQとして、 $Q \pm q = -40 \pm 2.5\text{ dBm/Hz}$ の制限範囲内で送信電力を変化させる場合について説明したが、Q及びqの値はこれに限らず、他の値を用いても同様の効果を得ることができ、更には平均送信電力をQとして送信電力の制限範囲がない場合も同様の効果を得ることができる。

【0075】また、本実施の形態1では、割り当てることができる最大ビット数を $b_{\max}=15$ ビット、割り当てることができる最小ビット数を $b_{\min}=2$ ビットとした場合について説明したが、 b_{\max} 及び b_{\min} の値はこれ

に限られず、他の値を用いても同様の効果を得ることができ、更には b_{\max} 及び b_{\min} のどちらか一方或いは両方の制限がない場合も同様の効果を得ることができる。

【0076】また、本実施の形態1では、上記(5-1)及び(5-1-2)を、送信電力Qが $Q+q=-37.5\text{ dBm/Hz}$ を越えない範囲で繰り返すとしたが、送信電力をパラメータとして上記(5-1-1)及び(5-1-2)を繰り返すのではなく、上記(5-1-1)及び(5-1-2)を行う回数をパラメータとして繰り返しても同様の効果を得ることができる。

【0077】また、本実施の形態1では、本発明に係るDMT方式におけるビット割り当てを行うADSL局側装置及びADSL端末側装置の通信モデム等の送信部ないしは送信専用機について説明したが、通信装置はこれに限られず、複数のトーンにデータを割り当ててデータ通信を行う通信装置であれば同様の効果を得ることができる。

【0078】

【発明の効果】以上説明したように、複数のトーンにデータを割り当ててデータ通信を行う通信装置において、各トーンにおいて所定の整数値のビット数を送信するのに必要な送信電力を算出する送信電力算出手段と、この送信電力算出手段により算出された算出結果に基づいて各トーンに配分する送信電力の平均送信電力が一定となるように送信電力を各トーンに再配分する送信電力再配分手段とを備えることにより、送信電力を効率良く配分することができるので、送信電力当りの伝送効率を向上させることができる。

【0079】また、前記送信電力再配分手段は各トーンに配分する送信電力の平均送信電力が一定となるように所定の制限範囲内の送信電力値で送信電力を各トーンに再配分することにより、送信電力を効率良く配分することができるので、送信電力当りの伝送効率を向上させることができる。

【0080】また、前記送信電力算出手段は割り当てビット数が制限されている場合、この制限範囲内の整数値のビット数を送信するのに必要な送信電力を算出することにより、送信電力を効率良く配分することができるので、送信電力当りの伝送効率を向上させることができる。

【0081】また、前記送信電力算出手段は各トーンにおいて前記所定のビット数に1ビット加算するのに必要な追加送信電力を算出するとともに、前記送信電力再配分手段は前記追加送信電力の昇順に送信電力を各トーンに再配分することにより、送信電力を効率良く配分することができるので、送信電力当りの伝送効率を向上させることができる。

【0082】また、複数のトーンにデータを割り当ててデータ通信を行う通信方法において、割り当てビット数が制限されている場合、各トーンにおいてこの制限範囲内

の整数値のビット数を送信するのに必要な送信電力を算出し、この算出された算出結果に基づいて各トーンに配分する送信電力の平均送信電力が一定となるように所定の制限範囲内の送信電力値で送信電力を各トーンに再配分することにより、送信電力を効率良く配分することができるので、送信電力当りの伝送効率を向上させることができる。

【0083】また、必要な送信電力を算出し、送信電力を各トーンに再配分する際に、送信電力を所定の制限範囲の下限值にした場合に割り当てビット数を制限範囲内の上限の整数値以上割り当て可能なトーンは、そのトーンの送信電力を所定の制限範囲の下限值にするとともに、送信電力を下限值にしたことによって平均送信電力に対して余った余剰送信電力を他のトーンに再配分することにより、送信電力を効率良く配分することができるので、送信電力当りの伝送効率を向上させることができる。

【0084】また、必要な送信電力を算出し、送信電力を各トーンに再配分する際に、送信電力を所定の制限範囲の上限値にした場合に割り当てビット数が制限範囲内の下限の整数値未満となるトーンは、そのトーンの送信電力を所定の制限範囲の下限值にするとともに、送信電力を下限值にしたことによって平均送信電力に対して余った余剰送信電力を他のトーンに再配分することにより、送信電力を効率良く配分することができるので、送信電力当りの伝送効率を向上させることができる。

【0085】また、必要な送信電力を算出し、送信電力を各トーンに再配分する際に、送信電力を所定の制限範囲の上限値にした場合に割り当てビット数が0ビットとなるトーンは、そのトーンの送信電力を所定の制限範囲の下限值にするとともに、送信電力を下限值にしたことによって平均送信電力に対して余った余剰送信電力を他のトーンに再配分することにより、送信電力を効率良く配分することができるので、送信電力当りの伝送効率を向上させることができる。

【0086】また、必要な送信電力を算出し、送信電力を各トーンに再配分する際に、ビット数の割り当てに使用されていないトーンがある場合、そのトーンの送信電力を所定の制限範囲の下限值にするとともに、送信電力を下限值にしたことによって平均送信電力に対して余った余剰送信電力を他のトーンに再配分することにより、送信電力を効率良く配分することができるので、送信電力当りの伝送効率を向上させることができる。

【0087】また、必要な送信電力を算出し、送信電力を各トーンに再配分する際に、送信電力が所定の制限範囲内の上限値を超えない限り、各トーンにおいて前記所定のビット数に1ビットずつ加算するのに必要な追加送信電力を算出するとともに、1ビット加算する前記追加送信電力の昇順に余剰送信電力を各トーンに再配分し、次に1ビット加算する追加送信電力の昇順に余剰送信電

力を各トーンに再配分し、これを繰返すことにより、送信電力を効率良く配分することができるので、送信電力当りの伝送効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る通信装置の送信部の構成を示した機能構成図

【図2】 送信電力を $Q-q$ とした場合に割り当てビット数が b_{\max} 以上のトーンの処理動作を示すフローチャート

【図3】 送信電力を $Q-q$ とした場合に割り当てビット数が b_{\max} 以上のトーンの処理動作を示す説明図

【図4】 送信電力を $Q-q$ とした場合に割り当てビット数が b_{\max} 以上のトーンの処理動作を示す説明図

【図5】 送信電力を $Q+q$ とした場合に割り当てビット数が b_{\min} 未満のトーンの処理動作を示すフローチャート

【図6】 送信電力を $Q+q$ とした場合に割り当てビット数が b_{\min} 未満のトーンの処理動作を示す説明図

【図7】 送信電力を $Q+q$ とした場合に割り当てビット数が b_{\min} 未満のトーンの処理動作を示す説明図

【図8】 送信電力を Q とした場合に割り当てビット数が b_{\max} 以上のトーンの処理動作を示すフローチャート

【図9】 送信電力を Q とした場合に割り当てビット数が b_{\max} 以上のトーンの処理動作を示す説明図

【図10】 送信電力を Q とした場合に割り当てビット数が b_{\max} 以上のトーンの処理動作を示す説明図

【図11】 (1)～(3)で抽出したトーン以外のトーンの本決定処理動作を示すフローチャート

【図12】 (1)～(3)で抽出したトーン以外のトーンの本決定処理動作を示す説明図

【図13】 (1)～(3)で抽出したトーン以外のトーンの本決定処理動作を示す説明図

【図14】 (1)～(3)で抽出したトーン以外のトーンの本決定処理動作を示すフローチャート

【図15】 (1)～(3)で抽出したトーン以外のトーンの本決定処理動作を示す説明図

【図16】 (1)～(3)で抽出したトーン以外のトーンの本決定処理動作を示す説明図

【図17】 再配分可能な余剰送信電力の集計の動作を示すフローチャート

【図18】 余剰送信電力の再配分処理動作を示すフローチャート

【図19】 従来のDMT変復調方式におけるビット割り当ての動作を示す説明図

【符号の説明】

- 1 マルチブックス/シンクコントロール
- 2、3 サイクリックリダンダンシィチェック
- 4、5 スクランブル・フォワードエラーコレクション
- 6 インターリーブ
- 7、8 レートコンバータ

9 電力調整手段

* 12 アナログプロセッシング・D/Aコンバータ

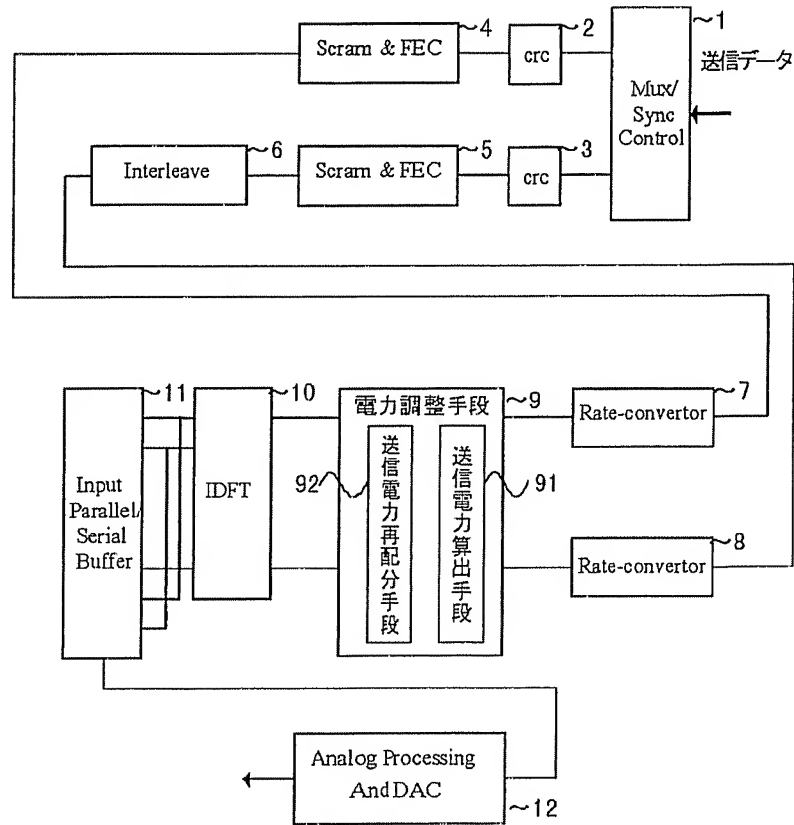
10 逆離散フーリエ変換部

91 送信電力算出手段

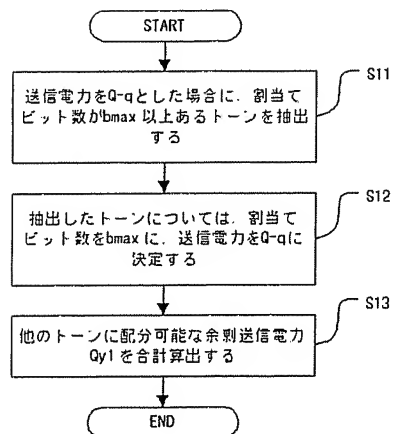
11 入力パラレル/シリアルバッファ

* 92 送信電力再配分手段

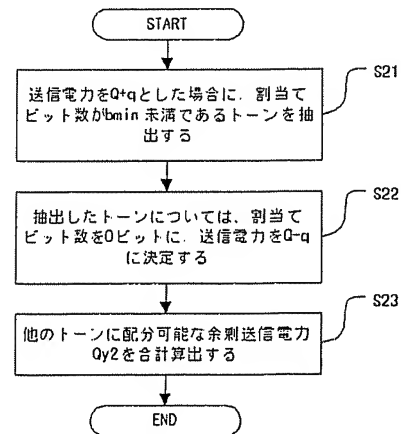
【図1】



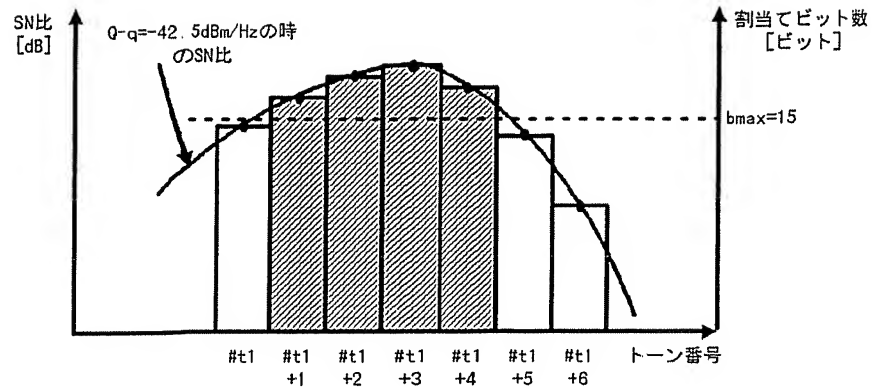
【図2】



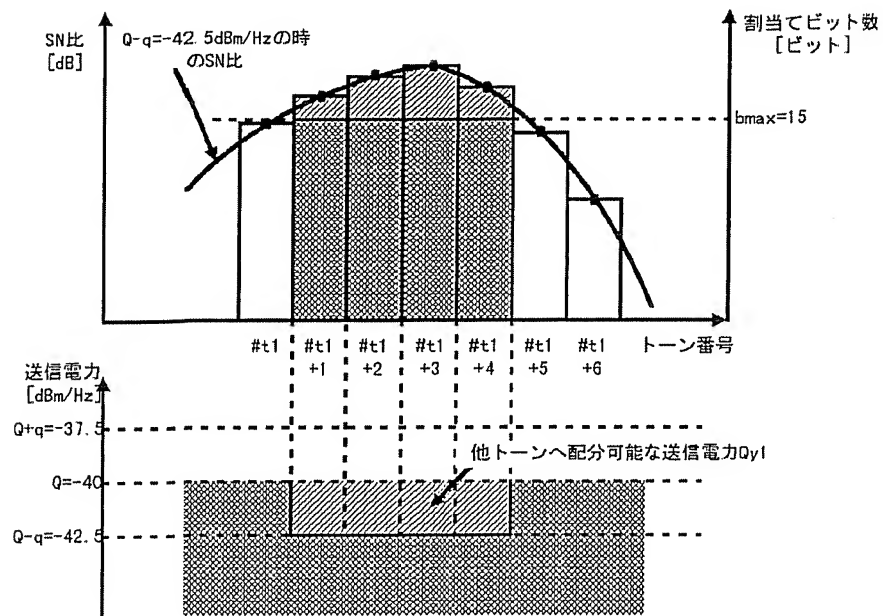
【図5】



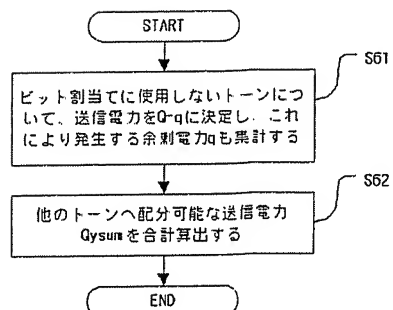
【図3】



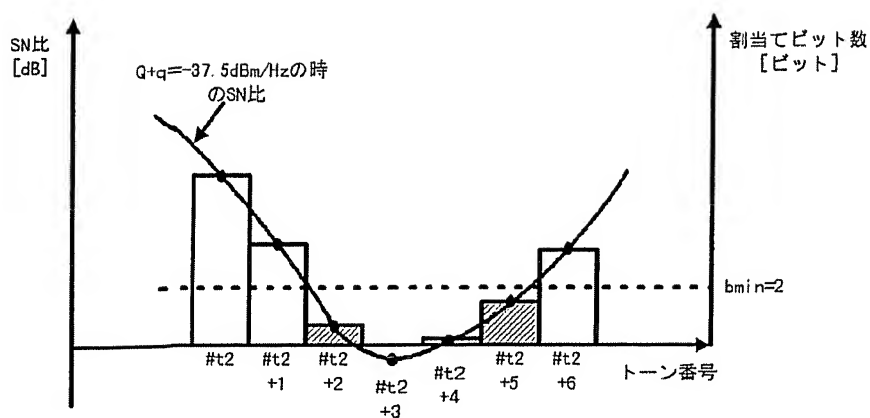
【図4】



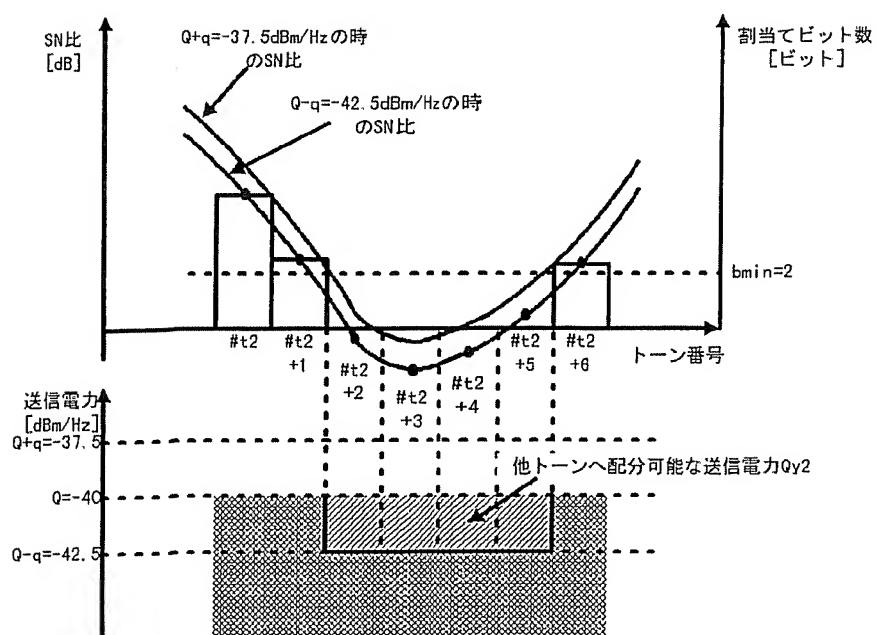
【図17】



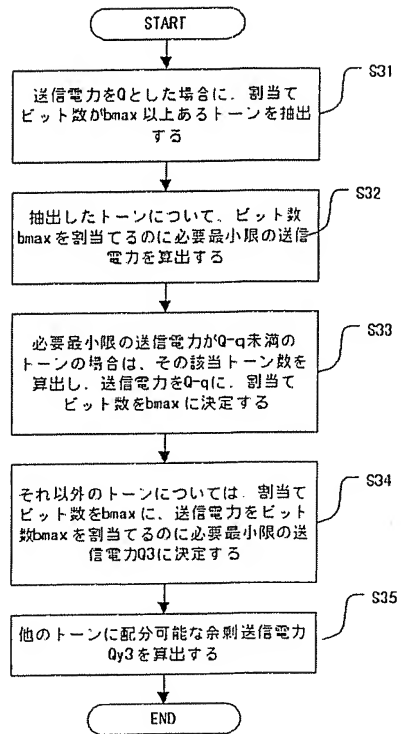
【図6】



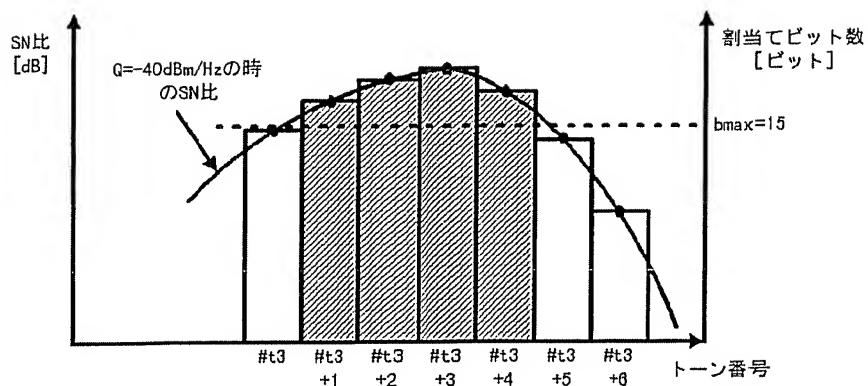
【図7】



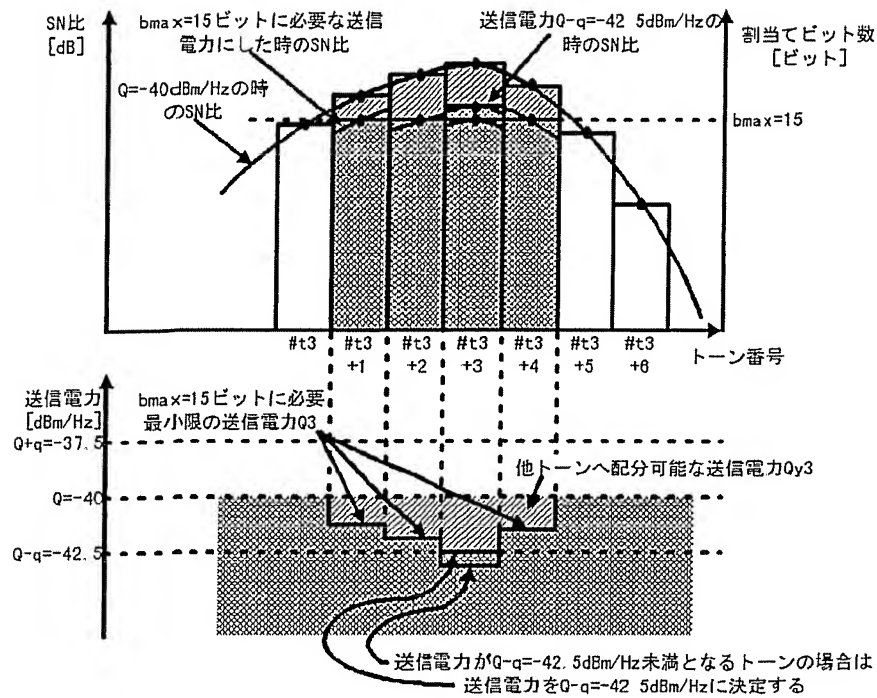
【図8】



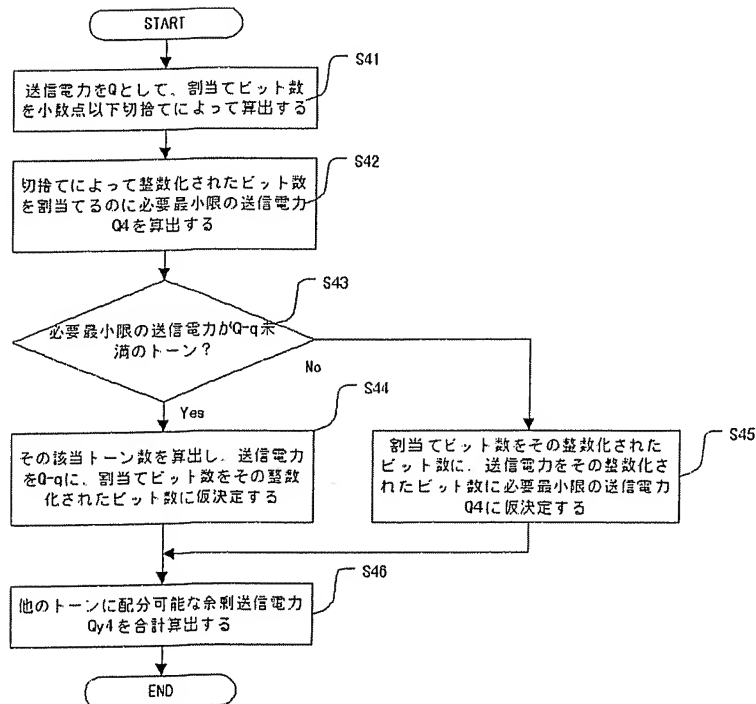
【図9】



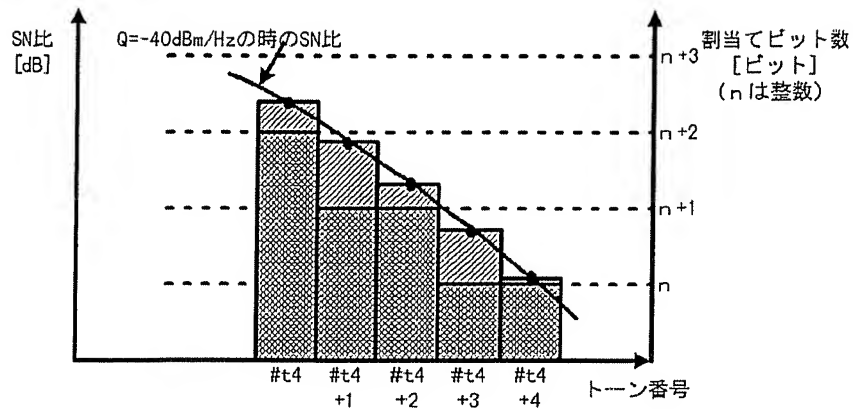
【図10】



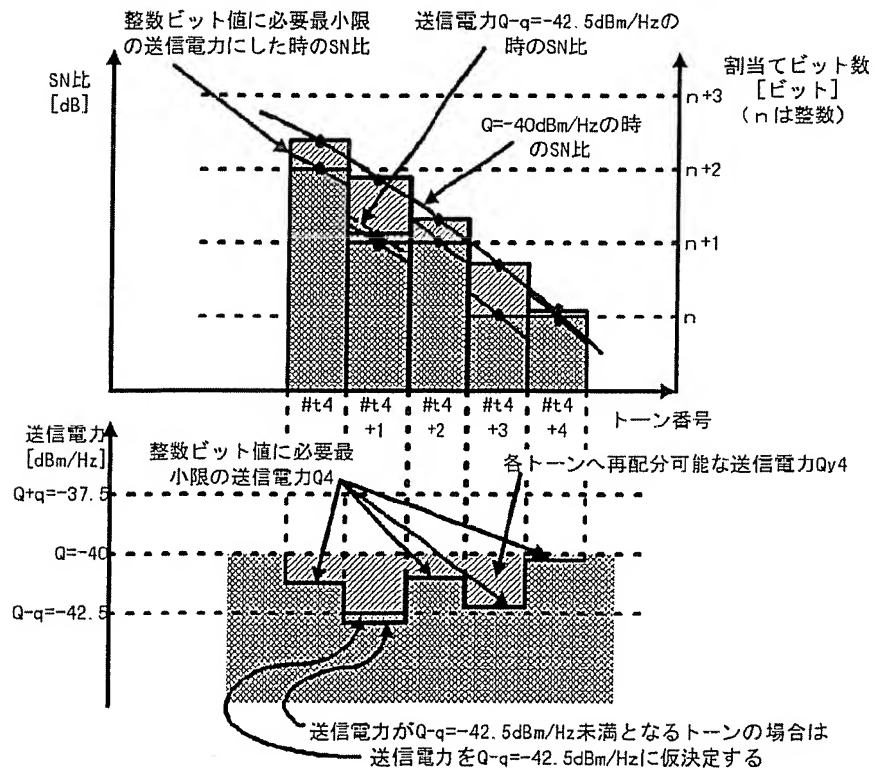
【図11】



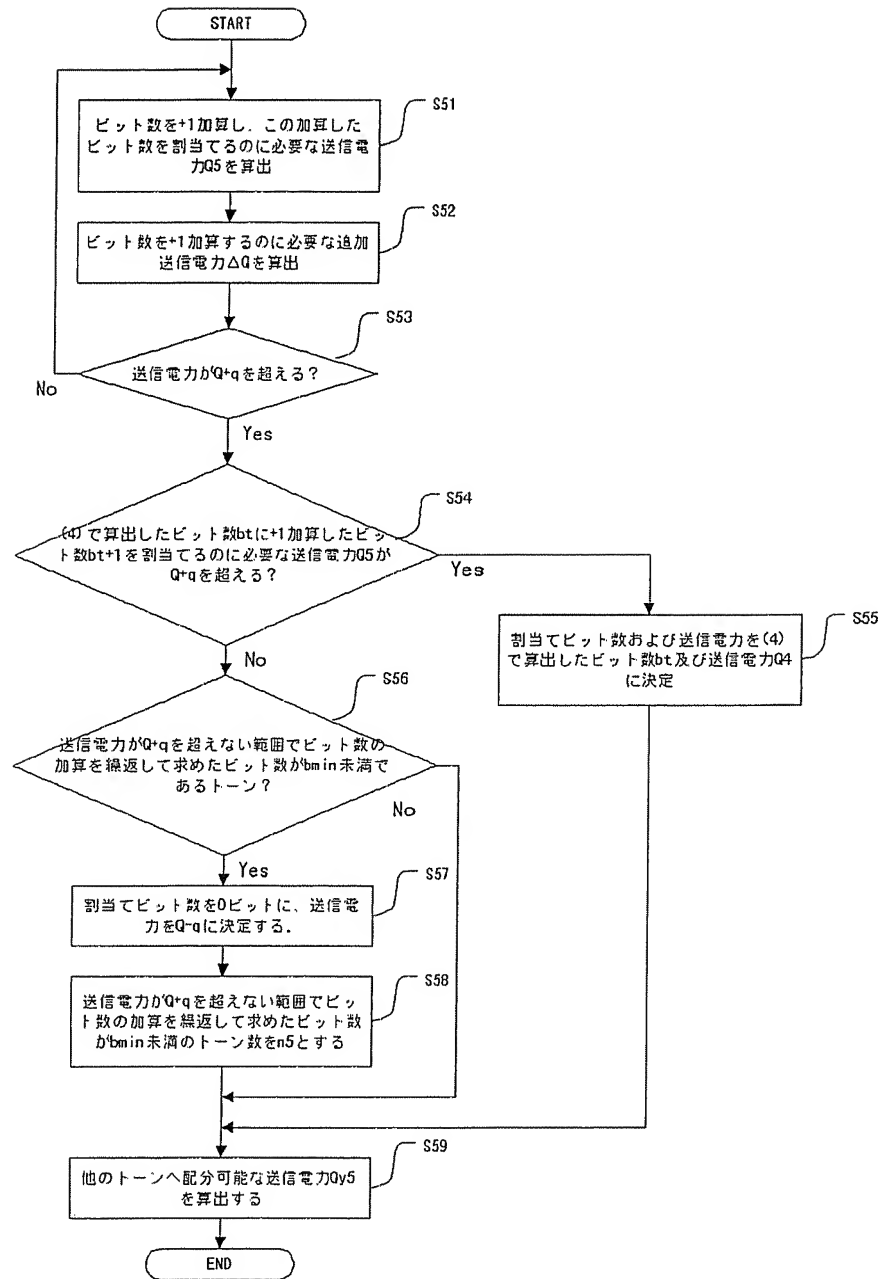
【図12】



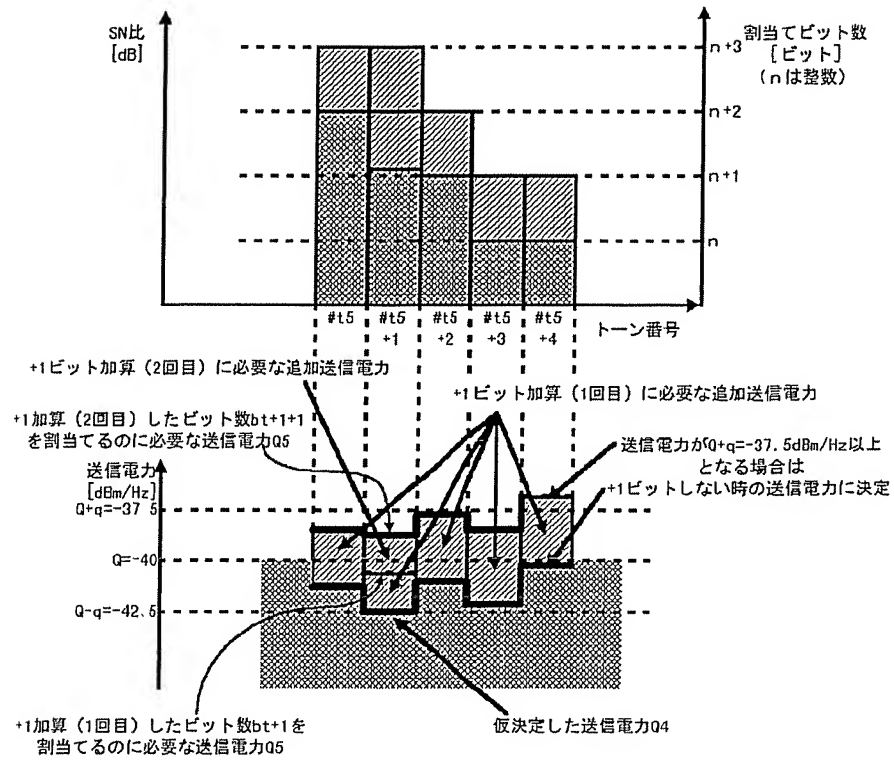
【図13】



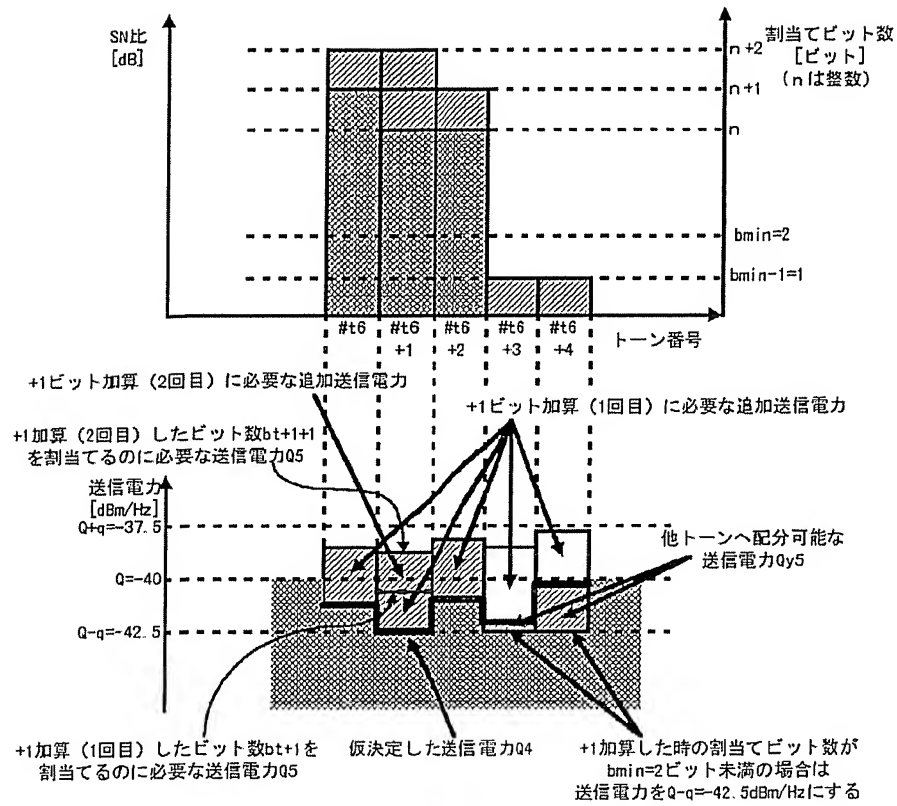
〔図14〕



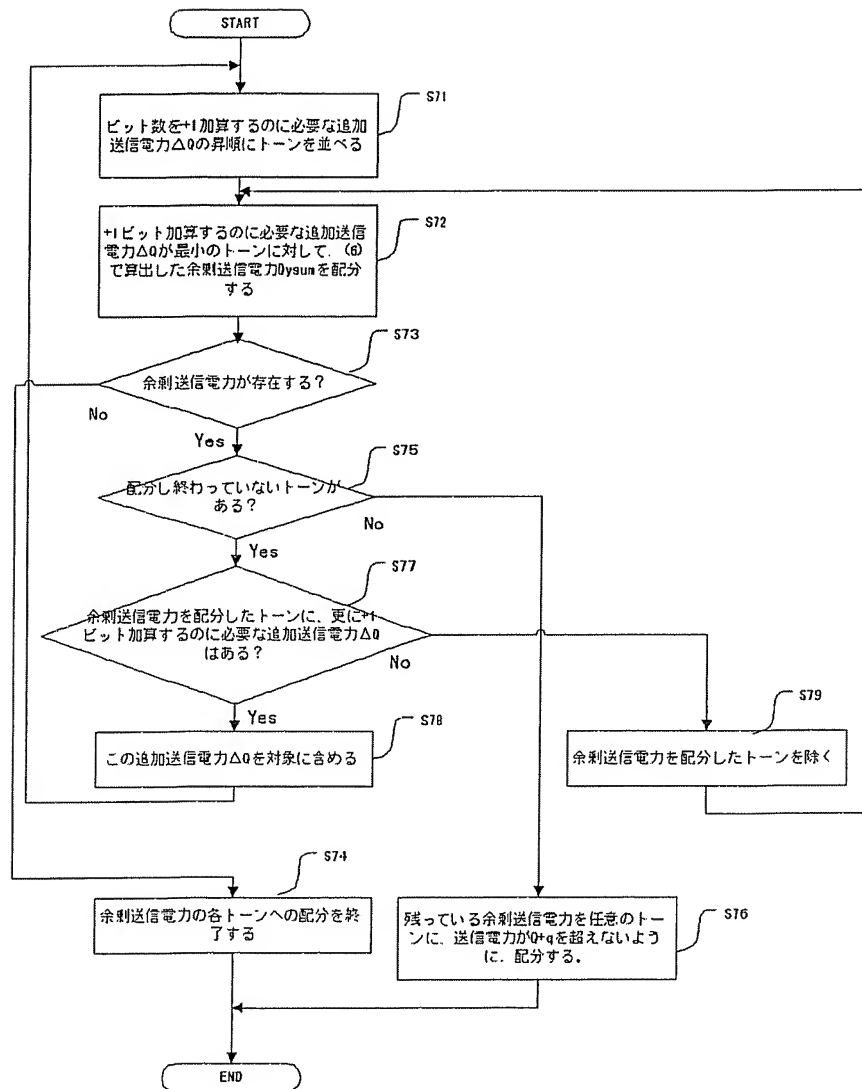
【図15】



【図16】



【図18】



【図19】

